

が用意されています。レンズ名称の最初の記号がこのイメージサイズを表わしています。

画面の縦横比をアスペクト比と呼びTVでは通常、横：縦=4：3です。高精細度TVでは16：9です。

比較のためにフィルム用レンズと並記した表を示します(図15)。

2.2 焦点距離 focal length

凸レンズに平行な光を入射させると、光軸上の一点に集光します。この一点に集まる点がレンズの焦点です。1枚の薄いレンズの場合、焦点距離とはレンズの中心から焦点までの距離を指します(図16)。

実際のレンズは収差補正のために何枚かのレンズで構成されていますが、基本的な動きは、主点という仮想的な点に、同じ焦点距離の単レンズがある場合と等価です(図17)。

カメラのレンズの性能がわかる表

カメラ	16mm	28mm	35mm	50mm	75mm	100mm	135mm	200mm
16mm	16.0	22.0	28.0	35.0	45.0	56.0	72.0	90.0
28mm	28.0	35.0	45.0	56.0	72.0	90.0	112.0	140.0
35mm	35.0	45.0	56.0	72.0	90.0	112.0	140.0	180.0
50mm	50.0	72.0	90.0	112.0	140.0	180.0	224.0	280.0
75mm	75.0	112.0	140.0	180.0	224.0	280.0	350.0	440.0
100mm	100.0	140.0	180.0	224.0	280.0	350.0	440.0	560.0
135mm	135.0	180.0	224.0	280.0	350.0	440.0	560.0	720.0
200mm	200.0	280.0	350.0	440.0	560.0	720.0	900.0	1120.0

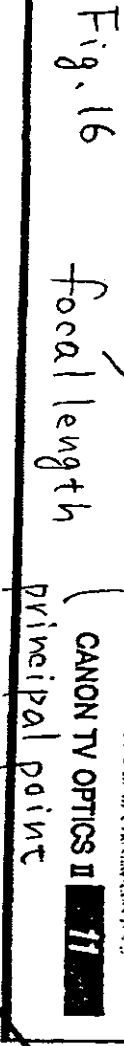
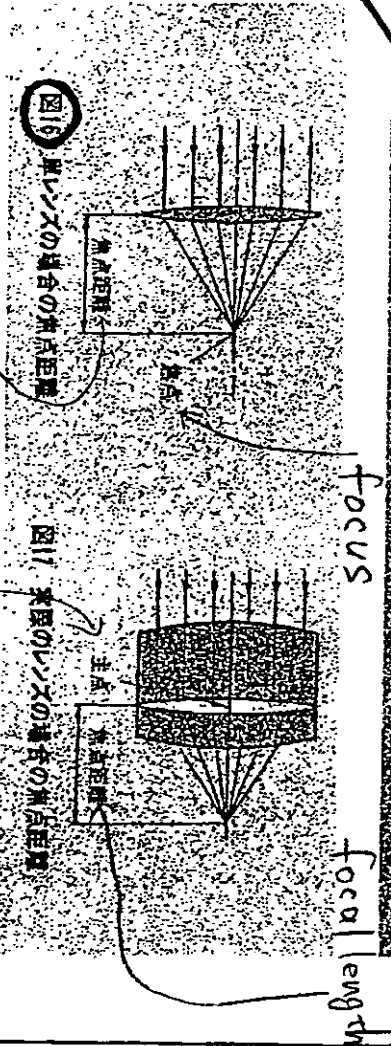


Fig. 16

focal length

CANON TV OPTICS II 11

2.13 サイデルの5収差

Seidel's aberration

レンズのもつ基本的な収差は5つに分類され、研究者の名をとってサイデル(Seidel)の5収差と呼ばれています。この他に2つの色収差があることはすでに述べました。

5収差とは(1)球面収差、(2)コマ収差、(3)非点収差、(4)像面湾曲、(5)テラストーションです。

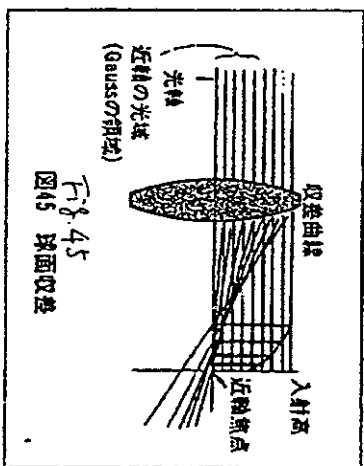
このうち、最初の4収差は像の鮮明度を悪くするもので、MTFを低下させます。

(1) 球面収差(spherical aberration)

光軸上の物点を出てレンズ系に入射する光線束の中で、レンズに入射する高さが高くなるほど、近軸像点と異なる点で光軸を横切るようになります。このために近軸像点を通して光軸に垂直にスクリーン(近軸像面)をおけば、点状の像でなく、小円板状の像が見られます。これを球面収差といいます。球面収差は縦収差(光軸方向の量)の形で表示されます。すなわち図45に示すように、入射面上の入射高を縦軸にとり、横軸に、その光線が光軸を切る位置の近軸像面からのズレをとって表示します。

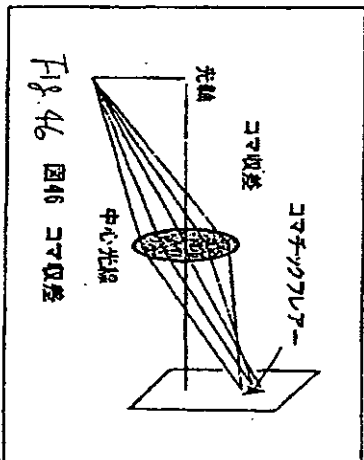
球面収差は絞り込むことによって大幅に改善されます。開放より2〜3段絞れば、ほぼ補正されます。さらに絞り込んでゆくと徐々に回折の影響が現われるため、あまり絞りすぎても鮮明度は改善されなくなります。

spherical aberration



は片側の輪郭がとくにボケてしまいます。このためコマの補正されないレンズでは画面周辺のコントラストが低下します。コマ収差は絞り込むことによって改善されます(図46)。

coma



(2) コマ収差(coma)

仮に、球面収差が完全に除かれたレンズでも、物点が光軸から外れると別な収差が起きます。その一つがコマ収差で、光軸外の斜めから入射する光線が像面上の一点に集まらず、コマ状(すい星)状に尾をもった広がりになってしまいます。

この尾が画面の中心に向(場合とその反対に向)場合があり、それぞれ内向性コマ(inward coma)、外向性コマ(outward coma)と呼ばれ、光軸に対して同心円状の線

(3) 非点収差(astigmatism)

球面収差とコマ収差を補正したレンズでも、光軸から離れた物点は点像を結ばずに、焦線と呼ばれる2本の線状に結像したり楕円形にボケたりする場合があります。これを非点収差といいますが、点が点として結像しなくなります。レンズのピント面を前後にずらしてみただけの場合、画面中央部ではシャープなピント位置がしか所ですが、周辺部では中心から放射状に伸びた線がシャープになるピント位置と、同心円の線がシャープになる位置との2か所の像面が得られます。これ

それぞれサジタル像線(sagittal image)とメリディオナル像線(meridional image)と呼び、2つの像線は互いに直角方向にす。したがってピントを合わせた被写体のボケは、同心状の像の流れを起こし、いボケ味の悪いレンズとなります(図47)。

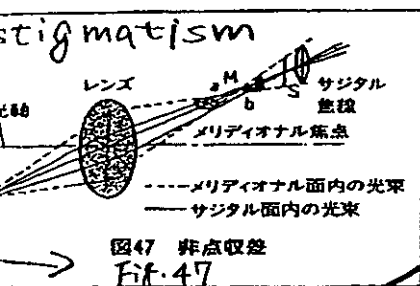


図47 非点収差
Fig. 47

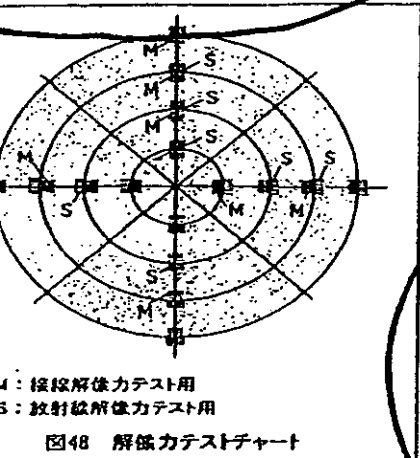
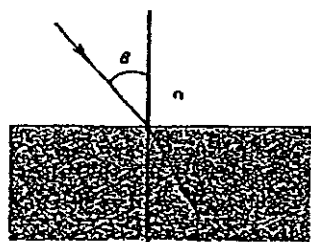


図48 解像力テストチャート

知られたスネルの法則

$$\frac{\sin \theta}{v} = \frac{\sin \theta'}{v'}$$

において、 θ が非常に小さい値であれば、 $\sin \theta \approx \theta$ と近似できます。近軸理論とは $\sin \theta = \theta$ と仮定して理論を組み立てたもので、この領域では収差は存在せず、理想結像の世界です。



でカバーされますが、完全には改善されません。レンズの解像力を調べるチャートが放射方向(半径方向)と同心円方向(円周方向)を向いているのは、この収差を調べるためのもです(図48)。

(4) 像面湾曲(curvature of field)

平面が平面として結ぶ、というレンズの理想条件からずれるのが像面湾曲で、平面の被写体にピントを合わせたと、画面中心部でピントを合わせると周辺部がボケてしまい、逆に周辺部でピントを合わせると中心部がボケてしまうことになります。非点収差には、放射状のサジタル像線と同心円状のメリディオナル像線という2つの像点がありますが、この2つの像点によってつくられる像面は、当然ながら平面ではなくカーブを描いています。このように2つの像面が分かれた場合、その中間の像面が実用的な画面ということになり、この画面は必ずしも平面になるとは限らず、たいていカーブを描いています。このカーブが像面湾曲です。この像面湾曲も非点収差と同様に絞り込むと、焦点深度でカバーされます(図49)。

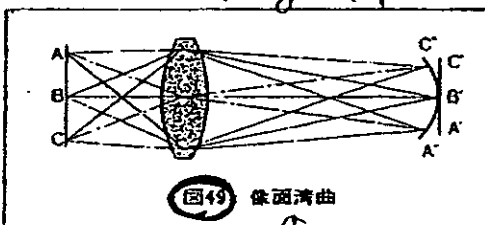


図49 像面湾曲

近軸理論と収差論

光学系の収差はこの仮定が成り立たなくなるために生じます。 $\sin \theta$ をべき級数に展開し3次の項までで近似した理論が3次収差論です。この領域には、ザイデルの研究した5つの収差があります。

5次の項まで近似した理論が5次収差論で、この領域では、さらに12つの収差が追加されます。5次収差論は日本の光学産業が世界的なレベルに発展した推進力となったもので、キヤノンの松居により実用化されました。(松居著「レンズ設計法」共立出版)

2.14 歪曲(distortion)

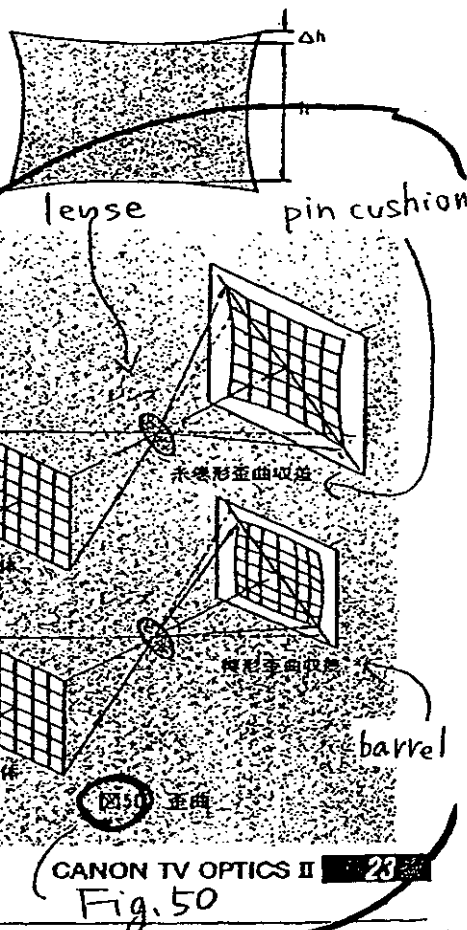
今までに述べた収差はいずれも像のボケに関係するものですが、その外に像の形状全体に歪曲に歪曲する収差として歪曲があります。通常、歪曲は像点とその理想像点の位置からどれだけずれているかを、理想像高に対する百分率によって表わします。すなわち、像面上の主光線の像高を Y 、理想像高を \bar{Y} で表わすとき

$$\text{dist. (\%)} = \frac{Y - \bar{Y}}{\bar{Y}} \times 100$$

によって求められます。歪曲が存在すると物体と像との間の相似関係が崩れます。その崩れ方には四角な図形が糸巻型に歪む場合と樽型に歪む場合があり、それぞれ糸巻型歪曲(pin cushion)、樽型歪曲(barrel)と呼ばれています(図50)。

テレビ用レンズの場合は、テレビカメラによる歪みと同じように下図に示す $\Delta h/h$ の百分率で表わすことになっています。

$$\text{TV Dist (\%)} = \frac{\Delta h}{h} \times 100$$



CANON TV OPTICS II

Fig. 50